

Оценка первичной поведенческой реакции хищного клопа *Orius laevigatus* (Fieber) (Heteroptera: Anthocoridae) на летучие органические соединения энтомопатогенных грибов рода *Lecanicillium*

И.М. Пазюк*, Г.В. Митина, А.А. Чоглокова

Evaluation of the primary behavioral response of the predatory bug *Orius laevigatus* (Fieber) (Heteroptera: Anthocoridae) to volatile organic compounds of entomopathogenic fungi of the genus *Lecanicillium*

I.M. Pazyuk*, G.V. Mitina, A.A. Chogloкова

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, шоссе Подбельского, 3, С.-Петербург, Пушкин 196608, Россия. E-mail: ipazyuk@gmail.com

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskiy Shosse, 3, St Petersburg, Pushkin 196608, Russia

* Автор-корреспондент

Резюме. Представлены результаты опытов, описывающих влияние летучих соединений спор и мицелия энтомопатогенных грибов рода *Lecanicillium* на первичные поведенческие реакции хищных клопов *Orius laevigatus*. В лабораторных экспериментах оценивали реакцию свободного выбора имаго ориуса между спорулирующим мицелием гриба и питательной средой без гриба в чашках Петри через 24 часа (с предоставлением яиц *Sitotroga cerealella* и листа боба) и в двухкамерных ольфактометрах через 1 час (без пищи). Репеллентную реакцию у клопа вызывал мицелий трех штаммов: V1 29 (*Lecanicillium lecanii*), ARSEF 2332 (*L. dimorphum*), Vit 71 (*L. attenuatum*); индекс агрегирования составил от -40.7 до -50 ($P < 0.05$). Существенную аттрактивную реакцию вызвал штамм V1 5 (*Lecanicillium lecanii*), индекс агрегирования $+43.3$. Реакция *O. laevigatus* на летучие органические соединения грибов *Lecanicillium* через 1 час в двухкамерном ольфактометре оказалась преимущественно нейтральной, и только мицелий двух штаммов вызывал выраженную репеллентность: V1 29 (*L. lecanii*) (ИА = -72) и ARSEF 8057 (ИА = -36.8).

Ключевые слова. Хищные полужесткокрылые, аттрактивность, репеллентность, агенты биоконтроля, энтомопатогены.

Summary. The results of a study of the influence of spores and mycelium of entomopathogenic fungi of the genus *Lecanicillium* on the primary behavioral reactions of the predatory bugs *Orius laevigatus* are presented. In laboratory experiments, the reaction of the free choice of adult *Orius* between the sporulating mycelium of the fungus and the nutrient medium without the fungus was evaluated in Petri dishes after 24 hours (supply with *S. cerealella* eggs and bean leaf) and in 2-chamber olfactometers (without food) after 1 hour. The repellent reaction in predators was caused by the mycelium of the three strains V1 29 (*Lecanicillium lecanii*), ARSEF 2332 (*L. dimorphum*) and Vit 71 (*L. attenuatum*); the aggregation index ranged from -40.7 to -50 ($P < 0.05$). A significant attractive reaction was caused by strain V1 5 (*Lecanicillium lecanii*), aggregation index $+43.3$. The reaction of *O. laevigatus* to volatile organic compounds of

Lecanicillium fungi after 1 hour in 2-chamber olfactometers turned out to be predominantly neutral, and only the mycelium of two strains caused a pronounced repellency: VI 29 (*L. lecanii*) (AI = -72) and ARSEF 8057 (AI = -36.8).

Key words. Heteroptera, attractiveness, repellency, biocontrol agents, entomopathogens.

https://doi.org/10.47640/1605-7678_2022_93_138

Введение

Важное значение для эффективного применения хищных клопов из рода *Orius* Wolff, 1811 имеет их совместимость с другими агентами биологической защиты. В качестве таких агентов могут служить энтомопатогенные грибы из родов *Metarhizium*, *Beauveria*, *Isaria* и *Lecanicillium*, которые широко используются в мировой практике в качестве биологических агентов для борьбы с различными вредителями. Представители родов *Beauveria* и *Metarhizium* поражают преимущественно жесткокрылых (Coleoptera) и бабочек (Lepidoptera), а грибы рода *Lecanicillium* – природные патогены тлей и белокрылок (Hall, 1981; Askary, Yarmand, 2007; Goettel et al., 2008). Вид *Lecanicillium muscarium* (Petch) Zare, Gams (Ascomycota: Нупocreales) считается перспективным продуцентом микробиологических препаратов для борьбы с табачной белокрылкой (Cuthbertson et al., 2008; Ali et al., 2017). На основе грибных спор грибов рода *Lecanicillium* уже разработаны многочисленные биопрепараты (De Faria, Wraight, 2007).

Хищные клопы рода *Orius* широко применяются в биологической защите различных овощных и декоративных культур от сосущих вредителей. Например, средиземноморский вид *Orius laevigatus* (Fieber) успешно апробирован для питания на оранжерейной белокрылке *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) (Мокроусова, 2001), персиковой тле *Myzus persicae* (Sulz.) (Pazyuk, Binitskaya, 2020) и паутинном клеще *Tetranychus urticae* Koch (Venzon et al., 2002). Показана эффективность *O. laevigatus* против западного цветочного трипса *Frankliniella occidentalis* (Perg.) (Chambers et al., 1993; Tommasini, Maini, 2002; Сапрыкин, Пазюк, 2003; Ермакова, Варфоломеева, 2011). Преимуществами этого вида являются отсутствие зимней диапаузы и большая прожорливость по сравнению с некоторыми другими видами (Cocuzza et al., 1997a; Tommasini, Van Lenteren, 2003). Показано, что клоп предпочитает растения, заселенные жертвами (трипсом и паутинным клещом), что свидетельствует о его способности находить жертву по ольфакторным стимулам (Venzon et al., 1999). В качестве корма при разведении *O. laevigatus* используют яйца чешуекрылых *Ephestia kuehniella* Zell., *Sitotroga cerealella* (Oliv.) (Cocuzza et al., 1997b; Миронова и др., 1998), а также цисты рачка *Artemia franciscana* Kellogg (Arijs, De Clercq, 2001). Этот вид разводят в производственных масштабах на биофабриках зарубежных и отечественных фирм Koppert, Biobest, Inappen (<https://www.koppert.ru>; www.biobestgroup.com; <https://inappen.com>) и др.

Программы по биологическому контролю на защищаемых культурах часто рекомендуют одновременное применение двух и более агентов защиты (паразитоидов, хищников или патогенов) (Chow et al., 2008). В случае интегрированных систем защиты растений (IPM) необходимо, чтобы компоненты таких систем были совместимыми (Rosales-Escobar et al., 2016). Сведения о влиянии энтомопатогенных грибов (ЭПГ) на различные аспекты жизнедеятельности хищных клопов довольно немногочисленные. В ряде случаев отмечалось отсутствие негативного влияния спор грибов на численность хищных клопов (Alma et al., 2007; Labbé et al., 2009; Rosales-Escobar et al., 2016). Совместное применение *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin и *Orius laevigatus* показало синергетический эффект против западного цветочного трипса (Otieno et al., 2017). Применение в полевых условиях на кукурузе гриба *M. brunneum* против *Diatraea saccharalis* (Fabr.) не сокращало количество живых хищных клопов *Orius* cf. *insidiosus* (Say) (Rosales-Escobar et al., 2016). Препарат PreFeRa1TM на основе спор гриба *Raecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown, Smith (strain Аропка-97) не вызывал значительной смертности нимф хищников *Macrolophus caliginosus* Wagner, *Orius insidiosus* и *O. laevigatus* (Alma et al., 2007). Для хищного клопа *O. insidiosus* показано, что при его выпуске существенное значение имеет снижение влажности субстрата, обработанного грибом (Gao et al., 2012).

Для *O. laevigatus* установлена его устойчивость к заражению и способность к переносу конидий энтомопатогенных грибов *Lecanicillium longisporum* (Petch) Zare, Gams и *L. muscarium* для последующего инфицирования персиковой тли *M. persicae* и западного цветочного трипса *F. occidentalis* без потери репродуктивных функций хищника. Кроме того, обоснована возможность распространения инфекции в популяции вредителей путем переноса спор личинками энтомофага (Down et al., 2009). С другой стороны, под действием ЭПГ таких видов, как *B. bassiana* и *M. anisopliae*, выявлено изменение поведенческих реакций хищных клопов. Было установлено преобладание репеллентного эффекта летучих органических соединений (ЛОС) спор этих грибов для хищного клопа *Anthocoris nemorum* L. (Meyling, Pell, 2006).

Влияние спор и спорующего мицелия грибов рода *Lecanicillium* на поведенческие реакции хищного клопа *O. laevigatus* не изучалось, что и определило цель нашего исследования.

Материалы и методы

Испытания проводили с 13 штаммами, относящимися к 7 видам грибов из рода *Lecanicillium*, которые были отобраны из Коллекции патогенных микроорганизмов ФГБНУ ВИЗР (WFCC WDCM № 760, УНО). Некоторые виды, ранее включавшиеся в род *Lecanicillium*, в настоящее время отнесены некоторыми авторами к роду *Akanthomyces*: (Kepler et al., 2017). Поскольку принадлежность этих видов к роду *Akanthomyces* остается дискуссионной, в нашей работе используются традиционные названия видов и рода. Спорующий мицелий получали после выращивания штаммов в стандартных условиях на среде Чапека в чашках Петри в течение 10 суток. Блоки с мицелием диаметром 9 мм вырезали микробиологическим пробойником (Митина и др., 2020).

Хищного клопа *O. laevigatus* выращивали по методике, разработанной авторами (Пазюк, Васильев, 2017). Насекомые находились в пластиковых контейнерах (500 мл), в качестве корма для клопов служили яйца зерновой моли *Sitotroga cerealella* и злаковая тля *Schizaphis graminum* Rond., находившаяся на проростках пшеницы. Предварительно имаго ориуса без учета пола (возрастом 3–5 суток) выдерживали в чашках Петри (с диаметром 40 мм) без пищи в течение суток, чтобы инициировать реакцию поиска. Для обеспечения ориусов водой в чашки помещали влажную вату.

Опыты включали две серии. В первой серии опытов в качестве камер использовали пластиковые чашки Петри диаметром 9 см. Дно чашек выстилали фильтровальной бумагой, которую увлажняли. В чашку с противоположных сторон помещали два срезанных листа бобов верхней стороной вниз. На каждый из листьев сверху насыпали корм для хищных клопов – свежие яйца зерновой моли (в избытке). На один из листьев сверху на корм помещали блок спорующего мицелия гриба (опыт), на другой – блок питательной среды без гриба (контроль). В центр чашки Петри при помощи эксгаустера выпускали по три взрослых особи клопа (без учета пола). Через 24 часа проводили учет распределения клопов.

Вторую серию экспериментов проводили в двухкамерных ольфактометрах (сосудах Тищенко) с диффузным распространением воздуха (Буров и др., 2005), представляющих собой стеклянные цилиндрические сосуды, разделенные продольной перегородкой на две камеры, сообщающиеся между собой в передней части, что позволяет тестируемым насекомым перемещаться из одной камеры в другую. Длина неразделенного перегородкой пространства – 10 см. Опыты проводили также с блоками грибной культуры и питательной среды, но в отсутствии других источников запахов (растений и др.). В каждый сосуд выпускали по 2 особи ориуса (без учета пола) и через час оценивали их местоположение.

Каждый опыт повторяли 10 раз. Анализ данных производили при помощи непараметрического критерия Краскела-Уоллиса (в программе Systat 12).

Распределение имаго ориуса оценивали с помощью индекса агрегирования (ИА): $ИА = (\text{число особей на опытном листе (опытной камере)} - \text{число особей на контрольном листе (контрольной камере)}) / (\text{число особей на контрольном листе} + \text{число особей на опытном листе}) \times 100$ (Pascual-Villalobos, Robledo, 1998). Предполагается, что тестируемые вещества проявляют аттрактивность при $ИА > 0$ и репеллентность при $ИА < 0$ при статистически значимых различиях между 2 вариантами.

Таблица. Ольфакторная реакция клопов *Orius laevigatus* на присутствие энтомопатогенных грибов рода *Lecanicillium*

Штамм	Вид	Доля прореагировавших особей, %	Распределение через 1 час, особей/на лист				Доля прореагировавших особей, %	Распределение через сутки, особей/на лист				Вероятность, P	Реакция
			опыт		контроль			опыт		контроль			
			ИА	P	ИА	P		ИА	P				
V1 5	L. lecanii	83	0.80 ± 0.14 A	0.85 ± 0.15 A	0	0.830	H	85	1.6 ± 0.2 A	0.7 ± 0.2 B	+43.3	0.007	A*
V1 29	L. lecanii	65	0.2 ± 0.09 A	1.1 ± 0.14 B	-72.2	0.00003	P*	87	0.8 ± 0.1 A	1.8 ± 0.1 B	-40.7	0.0004	P*
F2	L. lecanii	—	—	—	—	—	—	84	1.2 ± 0.3 A	1.3 ± 0.3 A	-6.6	0.813	H
V1 13	L. longisporum	—	—	—	—	—	—	89	1.4 ± 0.2 A	1.1 ± 0.2 A	+21.1	0.262	H
V1 21	L. muscarium	—	—	—	—	—	—	81	1.3 ± 0.2 A	1.0 ± 0.2 A	+6.6	0.226	H
V1 61	L. muscarium	—	—	—	—	—	—	90	1.5 ± 0.3 A	1.1 ± 0.2 A	+11.1	0.290	H
V1 72	L. muscarium	—	—	—	—	—	—	88	1.1 ± 0.2 A	1.5 ± 0.2 A	-23.3	0.208	H
V1 78	L. psalliotae	—	—	—	—	—	—	96	1.2 ± 0.2 A	1.5 ± 0.3 A	-3.3	0.384	H
V1 79	L. dimorphum	88	0.7 ± 0.16 A	1.05 ± 0.15 A	-25	0.116	H	100	1.0 ± 0.3 A	1.8 ± 0.3 A	-33.3	0.454	H
ARSEF2332	L. dimorphum	76	0.6 ± 0.15 A	0.8 ± 0.18 A	-11.1	0.313	H	83	0.7 ± 0.2 A	1.7 ± 0.2 B	-50.0	0.003	P*
ARSEF 8057	L. pissodis	79	0.55 ± 0.13 A	1.0 ± 0.12 B	-36.8	0.018	P*	97	1.0 ± 0.2 A	1.9 ± 0.2 A	-23.3	0.194	H
Vit 71	L. attenuatum	73	0.5 ± 0.15 A	0.9 ± 0.16 A	-27.7	0.111	H	85	0.7 ± 0.2 A	1.5 ± 0.2 B	-44.4	0.022	P*
Vit 117	L. attenuatum	—	—	—	—	—	—	93	1.1 ± 0.3 A	1.5 ± 0.3 A	-16.6	0.236	H

Примечание. ИА – индекс агрегирования, * – разными буквами отмечены значимые различия между контролем и опытом при $P \leq 0.05$ (по тесту Краскела-Уоллиса).

Результаты и обсуждение

При изучении влияния летучих органических соединений (ЛОС) спор и мицелия ЭПГ на поведение ориуса в чашках Петри доля прореагировавших особей была высокой и составляла от 81 до 100 %. В поведении ориуса преобладала нейтральная реакция (табл.).

Через 24 часа после выпуска ориусов достоверную репеллентную реакцию у клопов вызывал спорулирующий мицелий трех штаммов: V1 29 (*L. lecanii*), ARSEF 2332 (*L. dimorphum*), Vit 71 (*L. attenuatum*) ($P < 0.05$). Индекс агрегирования варьировал от -40.7 до -50 . Три штамма вида *L. lecanii* вызывали различные реакции: штамм V1 5 – сильная аттрактивность ($P < 0.05$) (ИА = $+43.3$), V1 29 – сильная репеллентность ($P < 0.05$) (ИА = -40.7), а F2 – нейтральная реакция ($P > 0.05$). Влияние 3 штаммов вида *L. muscarium* (V1 21, V1 61, V1 72) в отношении клопов было статистически недостоверным, и наблюдались нейтральные реакции с различными тенденциями. Тенденцию к аттрактивности для ориусов показывал штамм V1 13 вида *L. longisporum*. Остальные штаммы показали нейтральную реакцию для имаго ориуса.

При оценке реакции ориуса в двухкамерных ольфактометрах выраженную репеллентную реакцию у имаго ориусов вызывал спорулирующий мицелий штаммов V1 29 (ИА = -72) и ARSEF 8057 (ИА = -36.8). Реакция ориусов на мицелий остальных штаммов была нейтральной или с тенденцией к репеллентности, хотя различия между опытом и контролем были статистически недостоверными. Штамм V1 5, который в присутствии корма и растения через сутки в предыдущей серии опытов проявлял аттрактивность для ориусов, в двухкамерных ольфактометрах показал только нейтральную реакцию.

Согласно литературным данным энтомопатогенные грибы порядка Hymenochaetales вызывают у насекомых преимущественно репеллентные реакции (Roy et al., 2006). Это было показано также для родственного ориусу *O. laevigatus* вида из семейства Anthracoridae – хищного клопа *Anthrenus nemorum* в ответ на летучие споры грибов *B. bassiana* и *M. anisopliae* (Meyling, Pell, 2006).

Согласно нашим результатам, реакция имаго *O. laevigatus* в ответ на предъявление мицелия ЭПГ рода *Lecanicillium* была преимущественно нейтральной. В некоторых случаях она зависела от штамма гриба, которые, по предварительным данным (Кузьмин и др., 2021), могут существенно отличаться по составу выделяемых ими ЛОС. Штаммы одного вида *L. lecanii* вызывали противоположные поведенческие реакции у клопов. Подобные внутривидовые различия в уровне образования ЛОС обнаружены у 2 штаммов *B. bassiana*, которые отличались также уровнем репеллентности по отношению к термитам (Mburu et al., 2013). Аттрактивность энтомопатогенных грибов для хозяев или хищников встречается существенно реже, чем репеллентность. Грибы *Beauveria brongniartii* и *M. anisopliae* были привлекательными для коллембол (Dromph, Vestergaard, 2002), отдельные виды грибов рода *Fusarium* проявляли аттрактивность для жуков рисового долгоносика *Sitophilus oryzae* (L.) (Selitskaya et al., 2014). Причина аттрактивности штамма V1 5 вида *L. lecanii* для *O. laevigatus* требует дальнейшего изучения: возможно, она связана с особенностями состава ЛОС мицелия этого штамма.

Таким образом, как в первой, так и во второй сериях опыта преобладала нейтральная реакция *O. laevigatus* на ЛОС мицелия и спор ЭПГ, но в обеих сериях опыта были исключения (реакция репеллентности и аттрактивности клопов на отдельные штаммы), что необходимо учитывать при разработке методов ИРМ с использованием хищных клопов и ЭПГ.

Благодарности

Авторы благодарят Е.А. Степаньчеву за консультацию по методам исследования и Н.В. Биницкую за помощь в проведении эксперимента. Благодарим также рецензентов за тщательный анализ статьи и ценные замечания.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (грант № 20-016-00241).

Литература

- Буров В.Н., Степаныхева Е.А., Селицкая О.Г., Кириллова О.С., Щенникова А.В. 2005. Реакция косвенной индуцированной защиты растений огурца на повреждение растительноядными членистоногими. *Энтомологическое обозрение*, **84**(4): 721–727.
- Ермакова О.В., Варфоломеева Е.А. 2011. Влияние плотности содержания личинок на эффективность хищного клопа *Orius laevigatus* Fieb. против западного цветочного трипса. *Информационный бюллетень ВПРС МОББ*, **42**: 70–74.
- Кузьмин А.Г., Титов Ю.А., Митина Г.В., Чоглокова А.А. 2021. Масс-спектрометрические исследования состава летучих органических соединений, выделяемых различными видами грибов рода *Lecanicillium*. *Научное приборостроение*, **31**(4): 71–78. <https://doi.org/10.18358/np-31-4-i7178>
- Миронова М.К., Ижевский С.С., Ахатов А.К. 1998. Перспективы использования *Orius laevigatus* (Fieb.) против трипса *Frankliniella occidentalis* (Perg.) (Thysanoptera, Thripidae). *Сборник научных трудов «Проблемы энтомологии в России»*, **2**: 34–35.
- Митина Г.В., Селицкая О.Г., Щенникова А.В. 2020. Влияние летучих соединений энтомопатогенных грибов *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vull. и *Lecanicillium muscarium* R. Zare et W. на поведение жуков амбарного долгоносика *Sitophilus granaries* (L.) (Coleoptera, Dryophthoridae) и оценка вирулентности разных штаммов этих грибов. *Энтомологическое обозрение*, **99**(2): 307–316. <https://doi.org/10.31857/S0367144520020069>
- Мокроусова Е.П. 2001. Возможность использования в борьбе с оранжерейной белокрылкой *Trialeurodes vaporariorum* Westw. хищного клопа *Orius laevigatus* Fieb. *Вестник защиты растений*, **1**: 76.
- Научно-производственное предприятие «Институт прикладной энтомологии»: <https://inappen.com> (дата обращения: 15.V.2022).
- Пазюк И.М., Васильев А.Л. 2017. Оценка влияния диапаузирующей трихограммы *Trichogramma telengae* (Hymenoptera, Trichogrammatidae) в яйцах зерновой моли *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera, Gelechiidae) в качестве корма при разведении хищного клопа *Orius laevigatus* (Hemiptera, Anthocoridae). *Вестник защиты растений*, **2**(92): 45–49.
- Сапрыкин А.А., Пазюк И.М. 2003. Биологическая борьба с трипсами: применение и разведение хищных клопов орнусов. *Гавриш*, **3**: 26–29.
- Ali S., Zhang C., Wang Z., Wang X.M., Wu J.H., Cuthbertson A.G.S., Shao Z., Qiu B.L. 2017. Toxicological and biochemical basis of synergism between the entomopathogenic fungus *Lecanicillium muscarium* and the insecticide matrine against *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Scientific Report*, **7**: 46558. <https://doi.org/10.1038/srep46558>
- Alma C.R., Goettel M.S., Roitberg B.D., Gillespie D.R. 2007. Combined effects of the entomopathogenic fungus, *Paecilomyces fumosoroseus* Apopka-97, and the generalist predator, *Dicyphus hesperus*, on whitefly populations. *BioControl*, **52**: 669–681. <https://doi.org/10.1007/s10526-006-9053-1>
- Arijs Y., De Clercq P. 2001. Rearing *Orius laevigatus* on cysts of the brine shrimp *Artemia franciscana*. *Biological Control*, **21**: 79–83. <https://doi.org/10.1006/bcon.2000.0910>
- Askary H., Yarmand H. 2007. Development of the entomopathogenic hyphomycete *Lecanicillium muscarium* (Hyphomycetes: Moniliales) on various hosts. *European Journal of Entomology*, **104**: 67–72. <https://doi.org/10.14411/eje.2007.011>
- Biobest sustainable crop management*: <https://www.biobestgroup.com> (дата обращения: 15.V.2022).
- Chambers, R.J., Long S., Helyer N.L. 1993. Effectiveness of *Orius laevigatus* (Hem.: Anthocoridae) for the control of *Frankliniella occidentalis* on cucumber and pepper in the UK. *Biocontrol Science and Technology*, **3**(3): 295–307. <https://doi.org/10.1080/09583159309355284>
- Chow A., Chau A., Heinz K.M. 2008. Compatibility of *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) with *Amblyseius (Iphiseius) degenerans* (Acari: Phytoseiidae) for control of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on greenhouse roses. *Biological Control*, **44**: 259–270. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.11.002>
- Cocuzza G.E., De Clercq P., Lizzio S., Veire M.V., Tirry L., Degheele D., Vacante V. 1997a. Life tables and predation activity of *Orius laevigatus* and *O. albidipennis* at three constant temperatures. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **85**: 189–198. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.1997.00249.x>
- Cocuzza G.E., De Clercq P., Veire M.V., De Cock A., Degheele D., Vacante V. 1997b. Reproduction of *Orius laevigatus* and *Orius albidipennis* on pollen and *Ephestia kuehniella* eggs. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **82**: 101–104. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.1997.00118.x>
- Cuthbertson A.S., Blackburn L., Northing P., Luo W., Raymond J.C., Cannon K.F., Walters A. 2008. Further compatibility tests of the entomopathogenic fungus *Lecanicillium muscarium* with conventional insecticide products for control of sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* on poinsettia plants. *Insect Science*, **15**(4): 355–360. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2008.00221.x>

- De Faria M.R., Wraight S.P. 2007. Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification types. *Biological Control*, **43**(3): 237–256. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.08.001>
- Down R.E., Cuthbertson A.G.S., Mathers J.J.F., Walters K.A.A. 2009. Dissemination of the entomopathogenic fungi, *Lecanicillium longisporum* and *L. muscarium*, by the predatory bug, *Orius laevigatus*, to provide concurrent control of *Myzus persicae*, *Frankliniella occidentalis* and *Bemisia tabaci*. *Biological Control*, **50**: 172–178. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.03.010>
- Dromph K.M., Vestergaard S. 2002. Pathogenicity and attractiveness of entomopathogenic hyphomycete fungi to collembolans. *Applied Soil Ecology*, **21**(3): 197–210. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.03.010>
- Gao Y.L., Reitz S.R., Wang J., Tamez-Guerra P., Wang E.D., Xu X.N., Lei Z.R. 2012. Potential use of the fungus *Beauveria bassiana* against the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* without reducing the effectiveness of its natural predator *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae). *Biocontrol Science and Technology*, **22**: 803–812. <https://doi.org/10.1080/09583157.2012.691158>
- Goettel M.S., Koike M., Kim J.J., Aiuchi D. 2008. Potential of *Lecanicillium* spp. for management of insects, nematodes and plant diseases. *Journal of Invertebrate Pathology*, **98**(3): 256–261. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2008.01.009>
- Hall R.A. 1981. The fungus *Verticillium lecanii* as a microbial insecticide against aphids and scales. *Microbial Control of Pests and Plant Diseases*. London: Academic Press: 483–498.
- Kepler R.M., Luangsa-Ard J.J., Hywel-Jones N.L., Quandt C.A., Sung G.-H., Rehner S.A., Aime M.C., Henkel T.W., Sanjuan T., Zare R., Chen M., Li Z., Rossman A.Y., Spatafora J.W., Shrestha B. 2017. A phylogenetically-based nomenclature for Cordycipitaceae (Hypocreales). *IMA Fungus*, **8**(2): 335–353. <https://doi.org/10.5598/imafungus.2017.08.02.08>
- Koppert biological systems: <https://www.koppert.ru> (дата обращения: 15.V.2022).
- Labbé R.M., Gillespie D.R., Cloutier C., Brodeur J. 2009. Compatibility of an entomopathogenic fungus with a predator and a parasitoid in the biological control of greenhouse whitefly. *Biocontrol Science and Technology*, **19**: 429–446. <https://doi.org/10.1080/09583150902803229>
- Mburu D.M., Maniania N.K., Hassanali A. 2013. Comparison of volatile blends and nucleotide sequences of two *Beauveria bassiana* isolates of different virulence and repellency towards the termite *Macrotermes michaelseni*. *Journal of Chemical Ecology*, **39**: 101–108. <https://doi.org/10.1007/s10886-012-0207-6>
- Meyling N.V., Pell J.K. 2006. Detection and avoidance of an entomopathogenic fungus by a generalist insect predator. *Ecological Entomology*, **31**(2): 162–171. <https://doi.org/10.1111/j.0307-6946.2006.00781.x>
- Otieno J.A., Pallmann Ph., Poehling H.-M. 2017. Additive and synergistic interactions amongst *Orius laevigatus* (Heteroptera: Anthocoridae), entomopathogens and azadirachtin for controlling western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae). *BioControl*, **62**: 85–95. <https://doi.org/10.1007/s10526-016-9767-7>
- Pascual-Villalobos M.J., Robledo A. 1998. Screening for anti-insect activity in Mediterranean plants. *Industrial Crop and Products*, **8**(3): 183–194. [https://doi.org/10.1016/S0926-6690\(98\)00002-8](https://doi.org/10.1016/S0926-6690(98)00002-8)
- Pazyuk I.M., Binititskaya N.V. 2020. Laboratory assessment of the suitability of predatory bugs *Orius laevigatus* and *Orius majusculus* as natural enemies of seed potato pests in greenhouses. *Plant Protect News*, **103**(4): 274–276. <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-4-13984>
- Rosales-Escobar O.E., Antonio T., Guizar-Guzmán L., Azuara A., Sanchez-Pena S.R. 2016. Field application of the generalist entomopathogenic fungus *Metarhizium brunneum* did not affect beneficial *Orius* cf. *insidiosus* on maize. *Southwest Entomology*, **41**(1): 293–296. <https://doi.org/10.3958/059.041.0125>
- Roy H.E., Steinkraus D.C., Eilenberg J., Hajek A.E., Pell J.K. 2006. Bizarre interactions and endgames: entomopathogenic fungi and their arthropod hosts. *Annual Review of Entomology*, **51**: 331–357. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.150941>
- Selitskaya O.G., Gavrilova O.P., Schenikova A.V., Shamshev I.V., Gagkaeva T.Yu. 2014. The effect of toxin-producing *Fusarium* fungi on behavior of the rice weevil *Sitophilus oryzae* (Coleoptera, Dryophthoridae). *Entomological Review*, **94**: 820–825. <https://doi.org/10.1134/S0013873814060037>
- Tommasini M.G., Maini S. 2002. Thrips control on protected sweet pepper crops: enhancement by means of *Orius laevigatus* releases. In: Marullo R., Mound L. (Eds). *Thrips and Tospovirus: Proceedings of the International Symposium on Thysanoptera*: 249–256.
- Tommasini M.G., Van Lenteren J.C. 2003. Occurrence of diapause in *Orius laevigatus*. *Bulletin of Insectology*, **56**(2): 225–251.
- Venzon M., Janssen A., Sabelis M.W. 1999. Attraction of a generalist predator towards herbivore-infested plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **93**: 305–314. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.1999.00591.x>
- Venzon M., Janssen A., Sabelis M.W. 2002. Prey preference and reproductive success of the generalist predator *Orius laevigatus*. *OIKOS*, **97**: 116–124. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2002.970112.x>